

NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR

PENGARUH SUHU DARI *HEATER NOZZLE* TERHADAP PRODUK PRINTER 3D

**Disusun Sebagai Syarat Untuk mencapai Gelar sarjana Teknik
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**



Disusun oleh :

DONNY SULAYMAN

NIM : D.200100024

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2015

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI TUGAS AKHIR**

Naskah Publikasi Tugas Akhir, yang berjudul "**Pengaruh Suhu Dari Heater Nozzle Terhadap Produk Printer 3D**" telah disetujui pembimbing tugas akhir dan telah diterima untuk memenuhi syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : **DONNY SULAYMAN**

Nim : **D.200.10.0024**

Disetujui pada

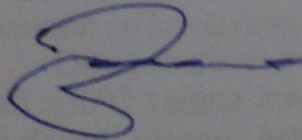
Hari : **Selasa**

Tanggal : **14 - 07 - 2015**

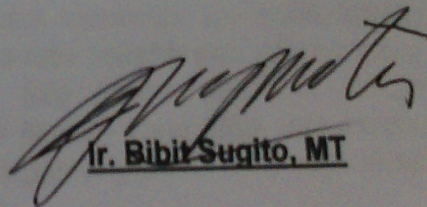
Mengesahkan,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Bambang W. Febriantoko, ST, MT



Ir. Bibit Sugito, MT

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Tri Widodo B. R., ST, MSc, Ph.D

ABSTRAKSI

PENGARUH SUHU DARI *HEATER NOZZLE* TERHADAP PRODUK

PRINTER 3D

Donny Sulayman, Bambang Waluyo F, Bibit Sugito

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, kartasura

Email : don.square92@gmail.com

ABSTRAKSI

Rapid Prototyping adalah teknologi yang terkait dengan pembuatan benda dengan secara langsung yang berasal dari data sejenis CAD. Proses printer 3D sama dengan proses rapid prototyping yaitu dengan cara melelehkan filament secara lapisan demi lapisan untuk membentuk suatu produk. Proses pelelehan printer 3D menggunakan heater nozzle didalamnya. Dengan demikian tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah menyelidiki pengaruh suhu dari heater nozzle terhadap produk printer 3D dan tingkat keakurasian pada produk yang sudah jadi.

Pada proses penelitian ini menggunakan bahan Acrylonitrile Butadiene Styrene yang dibentuk untuk specimen pengukuran dimensi dan perhitungan penyimpangan panjang 127mm x lebar 12,7mm x tebal 3,2mm, dengan tiga variasi suhu pada heater nozzle yaitu suhu 230°C, 245°C dan 260°C pembuatan specimen ini berdasarkan (ASTM D955) dan pengukuran spesimen ini berdasarkan (ASTM D5947) dan specimen di foto makro.

Dari penelitian ini suhu terbaik untuk mencetak spesimen adalah suhu 230°C karena mempunyai nilai rata-rata volume dan penyimpangan yang mendekati ukuran sebenarnya. Untuk foto makro dari tiga variasi terkadang mempunyai pola lapisan demi lapisan yang tidak rata karena kerapian pada setiap pola tidak hanya tergantung pada suhu saja tetapi juga tergantung dari kecepatan nozzle-nya.

Kata kunci : Printer 3d, *Fused Deposition Modeling*, Acrylonitrile Butadiene Styrene(ABS)

Latar Belakang Penelitian

Rapid Prototyping adalah sebuah teknologi yang terkait dengan benda-benda fisik yang secara langsung berasal dari data sejenis CAD. Metode ini dapat menghasilkan objek dengan cara menumpuk bahan secara lapis demi lapis. Teknologi ini sering juga disebut dengan adiktif manufaktur, ada lima penggunaan yang paling umum dari *rapid prototyping* yaitu : visualisasi, bentuk yang sesuai, uji produk, perkakas, dan penggunaan suku cadang (carter, 2001). Salah satu contoh mesin yang menggunakan rapid prototyping adalah printer 3D.

Printer 3D bekerja dengan cara lapis demi lapis dengan mengandalkan komponennya seperti *heater nozzle*, komponen ini memanaskan plastik ABS sampai meleleh kemudian dicetak di *bottom plate*, untuk melakukan pencetakan alat harus digunakan pada suhu 260°C (Aldiano, 2013). Padahal Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Titik leburnya adalah sekitar 105°C (221°F) (Stratasys Inc, 2007). Maka dari itu penelitian ini perlu diteliti untuk mengetahui suhu dari *heater nozzle* dan pengaruh dari produk atau objek jika diberi suhu tertentu oleh *heater nozzle*.

Printer 3D ini sangat penting untuk diteliti termasuk panas dari *heater nozzle* dan pengaruh pada produknya karena printer 3D ini adalah produk baru yang harus dikembangkan lagi untuk mendapatkan akurasi yang sempurna dan printer 3D ini juga masih jarang ditemukan di Indonesia maka dari itu kita selain meneliti panas heater nozzle dan pengaruhnya pada produk kita juga bisa mengenalkan kepada masyarakat Indonesia bahwa ada teknologi terbaru seperti printer 3D ini.

Dengan ini penulis akan meneliti pengaruh dari heater nozzle terhadap produk atau objek dari mesin printer 3D yang menggunakan bahan plastik Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS).

Perumusan Masalah

Untuk memudahkan penelitian maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh suhu pada produk atau objek jika sudah diinjeksikan dari *nozzle* dan bagaimana pengaruh dari produk jika suhu lebih rendah atau lebih tinggi dari sebetulnya.
- Bagaimana pengaruh pada produk atau objek setelah keluar dari *nozzle* atau setelah objek mengalami penyusutan pada dimensinya apakah ukuran produk atau objeknya sama dengan yang di gambar.

Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah diatas, penelitian ini berkonsentrasi pada:

- Tipe mesin printer 3D yang dipakai adalah tipe *extrusion* dengan teknologi FDM (Fused deposition modelling).
- Pengaruh pada produk atau objek setelah keluar dari *heater nozzle*.
- Mengetahui suhu yang dihasilkan oleh *heater nozzle* untuk melelehkan objek.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap produk atau objek pada dimensinya dan akurasi pada setiap spesimen printer 3D.
- Untuk mengetahui pola antar lapisan setelah keluar dari *nozzle*.

Tinjauan Pustaka

Rapid prototyping telah menjadi tren baru untuk menghasilkan prototipe fisik untuk suatu pengujian. *Rapid prototyping* biasanya membuat lapisan dari bawah ke atas. Sebuah lapisan bahan yang dicetak atau diletakkan diatas substrat kontrol yang cermat. Ketika lapis berlapis ditumpuk bersama-sama, maka akan membentuk objek 3D. (Liou F, 2008). *Rapid prototyping* sering diterapkan pada desktop murah seperti printer 3D.

Desktop printer tiga dimensi (3D) ini telah membuat alat ini populer pada *rapid prototyping* dan manufaktur kecil-kecilan. Printer 3D yaitu suatu proses yang telah mempunyai partikel-partikel udara yang berpengaruh pada alam lingkungan industri. (Stephens B dkk, 2013). Karena printer 3D yang berjenis *injection molding* sendiri telah menggunakan bahan yang ramah lingkungan dan harga yang cukup ekonomis seperti PolyAcid (PLA) dan juga memakai bahan dengan plastik yang berkualitas tinggi seperti Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS).

Bahwa untuk melakukan pencetakan, alat harus dipanaskan pada suhu 260 °C. Suhu tinggi pada saat proses pencetakan diperlukan untuk memanaskan bahan, Jika kurang dari suhu yang telah ditetapkan maka akan berdampak pada hasil cetakan yang tidak bisa optimal dan ABS pun tidak dapat merekat. (Aldiano, 2013). Pada suhu 260°C bahan plastik ABS sudah meleleh, karena Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Titik leburnya adalah sekitar 105 ° C (221 ° F). ABS dapat digunakan antara -25 dan 60 ° C (-13 dan 140 ° F) sebagai sifat mekanik dengan variasi suhu. Sifat diciptakan oleh pengikatan molekul karet, di mana partikel-partikel halus elastomer

didistribusikan di seluruh matriks yang kaku. (Stratasys Inc, 2007). Proses pada printer 3D dapat dibilang juga proses *fused deposition modeling* (FDM) karena cara kerja pada FDM juga menggunakan *nozzle* untuk melelehkan bahan untuk membuat objek.

Fused deposition modeling (FDM) adalah proses padat yang membuat bahan meleleh didalam *extrusion head* dimana suhu memanaskan sesuai jenis bahan yang digunakan (ABS, lilin, dan lain-lain). Bahan semi cair ini kemudian diekstrusi dan disimpan lapisan demi lapisan. Setelah selesai kemudian secara manual dihapus dan dibersihkan (Kamrani A K dan Nasr E A, 2005).

Salah satu kelemahan dari printer 3D adalah kurangnya presisi dan miskinnya akurasi dimensi. Sebagai referensi alat ukur MMC Zeiss PMC 850 dengan VAST XT. Pengukuran ini memungkinkan proses optimasi berulang untuk mengidentifikasi koefisien polinomial *error model*. Setelah pembuatan berbagai potongan pola tes, hasil yang dicapai mendekati 80%. (Cajal C dkk, 2013).

Landasan Teori

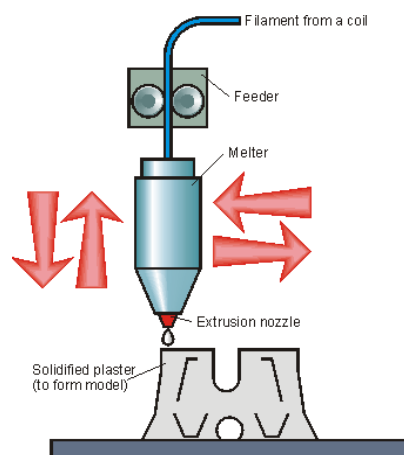
Pengertian *Rapid Prototyping*

Rapid prototyping adalah teknologi yang mengkonversi langsung data CAD tiga dimensi menjadi prototipe fisik. *Rapid prototyping* ini memungkinkan secara otomatis untuk pembangunan model fisik dan telah digunakan secara signifikan untuk mengurangi waktu siklus pembangunan produk dan meningkatkan kualitas dari rancangan produk. Dalam proses *Rapid prototyping*, bagian tipis-horizontal-

lintas digunakan untuk mengubah bahan menjadi prototipe fisik.

Fused Deposition modeling

Fused Deposition modeling (FDM) adalah sebuah teknologi *addictive manufacture* yang biasa digunakan untuk pemodelan, prototyping, dan produksi. Teknologi ini adalah salah satu teknik yang digunakan untuk printer 3D. Sebab sebuah filamen plastik yang dimasukkan ke *nozzle* ekstrusi. *Nozzle* dipanaskan untuk melelehkan plastik dan memiliki mekanisme yang memungkinkan aliran meleleh plastik. *Nozzle* dipasang ke tahap mekanik yang dapat dipindahkan dari kedua arah yaitu vertikal dan horizontal. Kemudian *nozzle* tersebut akan berjalan sampai diatas meja sesuai dengan potongan geometrinya, kemudian plastik diekstrusi tipis untuk membentuk setiap lapisannya, Setelah itu plastik akan mengeras dengan cepat setelah dikeluarkan dari *nozzle*. Proses ini dapat diilustrasikan pada gambar 2.2



Gambar 1. *Fused Deposition Modeling*

(Sumber :

http://www.uni.edu/~rao/rt/major_tech.htm)

Printer 3D

Pengertian Printer 3D

Printer tiga dimensi(3D) merupakan suatu proses pembuatan objek 3D dari hamper semua objek dibentuknya dari suatu model digital. Printer 3D juga sering disebut dengan *addictive manufacture*. Sedangkan pengertian dari *addictive manufacture* adalah proses yang terpakai untuk penggunaan *rapid prototyping*. Biasanya proses ini digunakan untuk proses manufaktur cepat.

Printer tiga dimensi (3D) sedang populer seperti rapid prototyping dan alat manufaktur kecil lainnya. Pembangunan dengan desktop murah ini secara luas dapat diakses untuk digunakan oleh kantor-kantor dan industri lainnya. Mayoritas dari secara komersial 3D pencetak tersedia memanfaatkan satu ilmu pengetahuan tentang teknik *addictive manufacturing* dikenal sebagaimolten polymer deposition (MPD), dengan satu filamen termo-plastik padat dipaksa melalui komputer memandu *extrusion nozzle* (Bumgarner, 2013).

prinsip-prinsip teknologi pada printer 3D

prinsip teknologi pada printer 3D terbagi menjadi 2 yaitu :

Teknik Cetak *Injection Molding/Plastics Extrusion* (Injeksi plastik)

Teknik ini sering disebut juga teknik tradisional karena masih menggunakan teknologi lama seperti melelehkan plastik secara lapis demi lapis. Satu ciri khas dari teknik ini adalah membersihkan alas duduk yang melekat dibawah objek atau produk

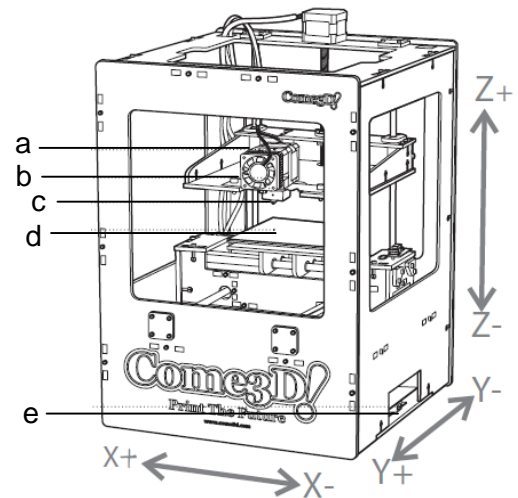
serta bekas plastik lainnya yang melekat. Pada teknik ini biasanya memakai bahan plastik yang berlabel 7, antara lain: Styrene Acrylonitrile (SAN), Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Polycarbonate (PC), dan Nylon.

Teknik Cetak *Binder jetting / Powder bed* (serbuk)

Teknik ini lebih modern dari teknik cetak injeksi plastik. Printer 3D dengan teknik *powder bed* ini adalah *high end*, teknik ini biasanya sering digunakan oleh industri dan kalangan profesional. Tekniknya adalah menyemprotkan lem atau cairan ke permukaan tumpukan serbuk (*powder bed*) kemudian wadah tumpukan serbuk sedikit demi sedikit akan turun ke bawah, Sehingga lapis demi lapis objek akan tercetak dari bawah keatas, Selama proses mencetak kita tidak dapat melihat objek karena diselubungi gundukan serbuk kemudian objek dibersihkan dengan mudah dari serbuk dengan *vacuum cleaner*, Setelah itu dilapisi dengan cairan pengikat. Pada printer 3D Z650 menggunakan *vacuum chamber* disamping mesin, sehingga mudah membersihkan sisa serbuk dan sisa serbuk tersebut dapat kembali digunakan. Kandungan serbuk ini mengandung selulosa, larutan penggumpal hingga pati kentang, dan terdapat kandungan lain yang tetap dirahasiakan oleh produsennya.

Komponen-komponen Pada Printer 3D

Printer 3D memiliki beberapa komponen dapat diilustrasikan pada gambar 2.3



Gambar 2. Komponen Printer 3D

(Sumber : www.come3d.com)

Keterangan :

- a. *The feed apertures*
- b. *Sprinkler head*
- c. *Nozzle*
- d. *Heating plate / bottom plate*
- e. *USB jack*

Pengertian Heater Nozzle

Heater Nozzle adalah satu komponen printer tiga dimensi (3D) yang berfungsi untuk melelehkan filament agar dapat memudahkan membentuk suatu produk atau objek, *Heater Nozzle* bekerja dengan cara mengerol filament yang masih berbentuk padat dan pada saat pengerolan maka suhu pada *heater nozzle* akan meningkat dan akhirnya akan melelehkan filament yang padat itu.

Heater Nozzle melelehkan termoplastik dan aliran dari menekan plastik pada lapisan tipis ke seberang satu dasar. Sebagai material mengeras

dan lempeng bergerak ke lapisan berikutnya, bentuk printer 3D dengan cepat membentuk beberapa jenis termoplastik biasanya terpakai di berbagai desktop MPD devices. (ragan, 2013)

a. Jenis-Jenis *Nozzle*

Nozzle pada dasarnya dibagi menjadi 2 kelompok yaitu :

- *External Threaded Nozzles*
- *Nozzle* ini biasanya sering digunakan pada mesin *makerbots*, PP3D dan mesin Mbot. Contoh *External Threaded Nozzles* dililustrasikan pada gambar 2.4



Gambar 3. *External Threaded Nozzles*

(Sumber : www.bilbyCNC.com.au)

- *Internal Threaded Nozzles*

Nozzle ini biasanya sering digunakan pada mesin printer 3D. Diilustrasikan pada gambar 2.5



Gambar 4. *Internal Threaded Nozzles*

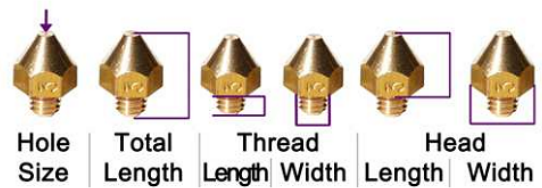
(Sumber : www.bilbyCNC.com.au)

b. Ukuran-Ukuran *Nozzle*

Nozzle memiliki berbagai ukuran yaitu :

- Hole Size
- Head Length
- Head Width
- Thread width/size
- Thread Length

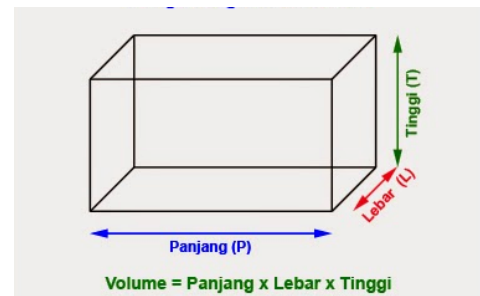
Ukuran-ukuran *nozzle* dapat diilustrasikan pada gambar 2.6



Gambar 5. ukuran *nozzle*

(Sumber : www.bilbyCNC.com.au)

Pengukuran Dimensi



Gambar 6. Dimensi Kotak

Dimensi kotak adalah bangun tiga dimensi yang memiliki 12 rusuk dan 6 bidang permukaan yang masing-masing bidangnya berbentuk bujursangkar atau persegi panjang. Sebuah dimensi kotak memiliki 12 rusuk. Masing masing rusuk dapat dianggap sebagai rusuk panjang, rusuk lebar, dan rusuk tinggi bergantung pada sudut pandang pengamat. Ada 4 rusuk sama panjang yang dapat disebut rusuk panjang, ada 4 rusuk sama panjang yang dapat disebut rusuk lebar, dan ada 4 rusuk sama panjang yang dapat disebut rusuk tinggi. Jika semua 12 rusuk pada sebuah kotak memiliki panjang yang sama, maka kotak tersebut disebut sebagai kubus. Kubus adalah kotak yang istimewa karena semua rusuknya sama panjang dan semua bidangnya berbentuk bujursangkar.

Untuk menghitung volume atau isi sebuah kotak, maka harus diketahui

dimensi panjang, lebar, dan tinggi kotak tersebut. Rumus untuk menghitung volume kotak adalah sbb:

volume = panjang x lebar x tinggi
Rumus ini seringkali ditulis secara lebih disingkat sebagai $V = P \times L \times T$. Perlu diperhatikan bahwa dalam menghitung volume sebuah kotak menggunakan rumus di atas, dimensi panjang, lebar dan tingginya harus dalam satuan yang sama. Satuan volume adalah satuan panjang kubik misalnya millimeter kubik (mm³), centimeter kubik (cm³), meter kubik (m³), dan lain sebagainya. (Sumantri R, 2014).

Jika benda itu berongga maka volume menggunakan rumus :

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Dimana :

m = massa (gr)

ρ = density = 1,04-1,07 (gr/cm³)

Pengertian Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)

Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) dalam rumus senyawa kimia adalah (C₈H₈)^x · (C₄H₆)^y · (C₃H₃N)^z, Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) adalah bahan polimer amorf maksudnya ABS tidak memiliki titik leleh yang jelas, nilai yang berbeda, kondisi proses yang sangat berbeda, suhu leleh 217 – 237°C, suhu dekomposisi termal lebih besar dari 250°C. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) juga dapat dikatakan bahan polimer yang kuat dan tangguh selama berada pada suhu atau temperatur yang direkomendasikan yaitu – 30°C sampai 60°C ([Suhaimi](#) W, 2011).

Sifat dari Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) yaitu :

- Ketahanan kimia yang baik
- Ketahanan abrasi
- Ketangguhan yang tinggi.
- Dapat didesain menjadi berbagai bentuk.
- Biaya proses rendah
- Dapat direkatkan

Kegunaan dari Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) adalah sebagai berikut :

Peralatan

Karena keunggulan sifat-sifatnya maka banyak digunakan membuat peralatan seperti : *hair dryer*, korek api gas, telpon, intercom, *body* dan komponen mesin ketik elektronik maupun mekanik, mesin hitung, dan lain-lain.

Otomotif

Karena sifatnya yang ringan, tidak berkarat, tahan minyak bumi, maka ABS digunakan untuk radiator *grill*, rumah lampu, emblem, *horn grill*, tempat kaca spion, dan lain-lain

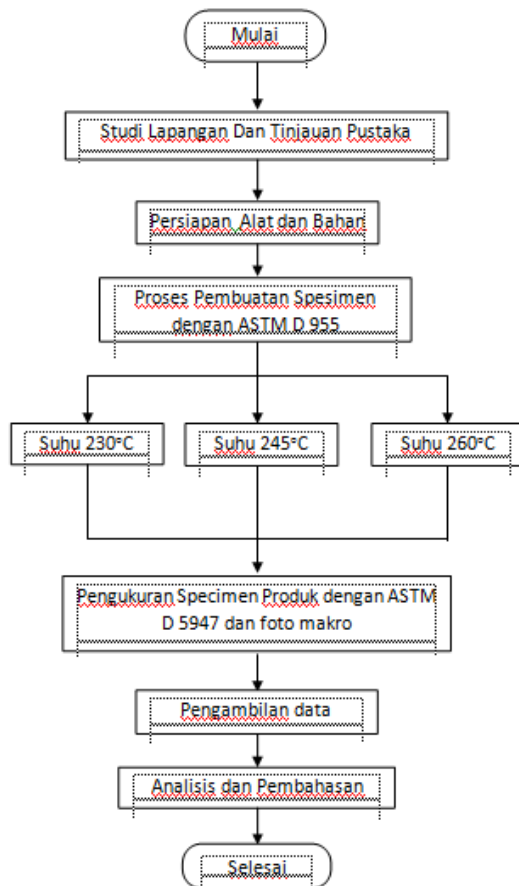
Barang-barang tahan lama :

- ABS dengan *grade* tahan nyala api digunakan untuk cabinet TV, kotak penutup video, dan lain-lain
- *Grade* tahan pukul pada suhu rendah dan flouorocarbon dapat digunakan untuk pintu dan *body* kulkas.
- Penggunaan lain: komponen AC, kotak kamera, dudukan kipas angin meja, dan lain-lain.

Bangunan dan perumahan : dudukan kloset, bak air, frame kaca, cabinet, kran air, gantungan handuk, saringan, dan lain-lain.

Elektroplated ABS : regulator knob, pegangan pintu kulkas, pegangan payung, spare parts kendaraan bermotor, tutup botol.

Diagram Alir Penelitian

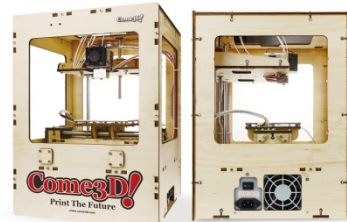


Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan mengumpulkan data awal sebagai *Study Literature*. *Study Literature* bertujuan untuk mengenal masalah yang dihadapi, serta untuk menyusun rencana kerja yang akan dilakukan. Pada studi awal dilakukan langkah-langkah *survey* di lapangan terhadap hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan serta mengambil data-data penelitian yang sudah ada untuk dijadikan sebagai pembandingan terhadap hasil pengujian yang akan dianalisa.

Alat dan Bahan

1. Satu set komputer
2. Jangka sorong
3. Timbangan
4. Kamera
5. Kikir/Amplas
6. Printer 3D Merk COME3D



Gambar 8. Printer 3D
(Sumber : www.come3d.com)

7. Thermometer Infrared



Gambar 9. Thermometer Infrared
(Lab.CATIA teknik mesin UMS, 2015)

8. Alat Photo Makro



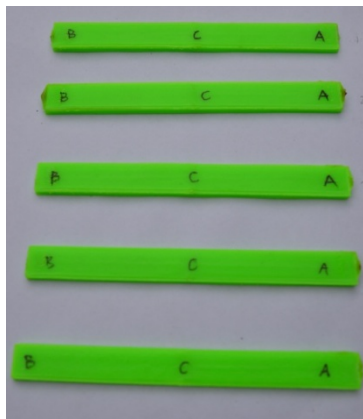
Gambar 10. Dynolite
(Lab Fisika Dasar UMS, 2015)

9. ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)



Gambar 11. ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)
(Sumber : www.progressiveinc.ca)

Spesimen penelitian
Pembuatan specimen menggunakan
standar ASTM D955



Gambar 12. Specimen Penelitian

Data hasil penelitian dan pembahasan

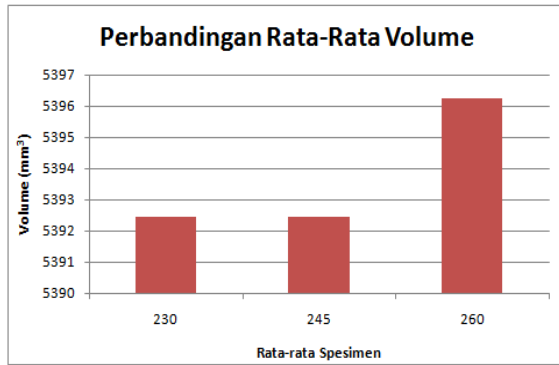
Pengukuran dimensi untuk mengetahui panjang, lebar, tinggi dan volume pada specimen dan juga untuk mengetahui nilai akurasi pada specimen tersebut. Pengukuran dimensi ini menggunakan standart ASTM D5947.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Dimensi Pada Spesimen Printer 3D

suhu (°C)	Spesimen	panjang (mm)	lebar (mm)	tinggi (mm)
230	1	127,06	13,04	3,79
	2	126,58	13,02	3,8
	3	126,88	13,06	3,73
	4	126,96	13,04	3,57
	5	126,81	12,94	3,72
245	1	127	12,96	3,83
	2	126,92	13,1	3,75
	3	126,98	13,25	3,72
	4	127,01	13,08	3,64
	5	126,94	13,27	3,73
260	1	126,93	13,1	3,82
	2	126,94	13,02	3,77
	3	126,98	13,17	3,8
	4	126,86	13,14	3,79
	5	126,95	13,21	3,71

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Volume Pada Spesimen Printer 3D

Suhu (°C)	Spesimen	massa (gr)	density (gr/cm ³)	volume (mm ³)
230	1	5,69	1,06	5367,9
	2	5,74	1,06	5415,1
	3	5,7	1,06	5377,4
	4	5,69	1,06	5367,9
	5	5,76	1,06	5434
Rata-rata				5392,5
245	1	5,73	1,06	5405,7
	2	5,69	1,06	5367,9
	3	5,71	1,06	5386,8
	4	5,72	1,06	5396,2
	5	5,73	1,06	5405,7
Rata-rata				5392,5
260	1	5,71	1,06	5386,8
	2	5,72	1,06	5396,2
	3	5,73	1,06	5405,7
	4	5,75	1,06	5424,5
	5	5,69	1,06	5367,9
Rata-rata				5396,2



Gambar 13. Histogram Rata-rata Volume Dengan Suhu 230°C, 245°C dan 260°C

Perhitungan volume ini bertujuan untuk mengetahui volume pada setiap spesimen produk printer 3D. Prinsip dari perhitungan ini yaitu untuk mengetahui Volume pada spesimen printer 3D karena salah satu kelemahan pada printer 3D yaitu kurangnya tingkat presisi dan akurasi pada dimensi salah satunya yaitu volume.

Hasil perhitungan volume, perbedaan volume antara tiap-tiap spesimen yang disebabkan beberapa hal. Antara lain disebabkan karena kecepatan *nozzle* pada saat mencetak spesimen dan juga suhu yang diberikan pada spesimen agar dapat meleleh.

Dari data yang diperoleh, setelah dihitung dengan menggunakan rumus volume yaitu :

$$V = \frac{m}{\rho}$$

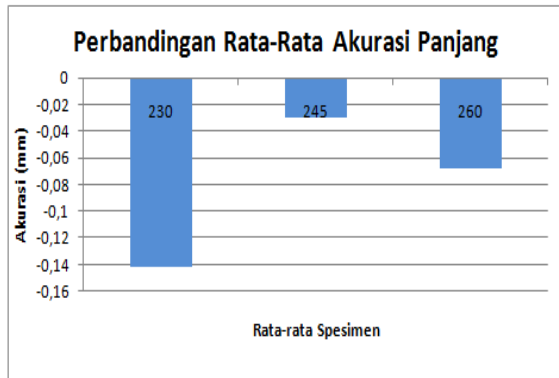
maka hasil yang diperoleh yaitu spesimen dengan suhu *nozzle* 230°C (gambar 4.2) mempunyai volume paling tertinggi adalah 5434mm³ dan volume terkecil adalah 5367,9mm³ kemudian untuk spesimen pada suhu 245°C (gambar 4.3) mempunyai volume

paling tertinggi adalah 5405,7 mm³ dan volume paling terkecil adalah 5367,9mm³. Dan untuk spesimen pada suhu 260°C (gambar 4.4) mempunyai volume paling tertinggi adalah 5424,5mm³ dan volume paling terkecil adalah 5367,9mm³, Jadi perbandingan antara suhu 230°C, 245°C, dan 260°C jika dirata-rata hasil perhitungannya maka yang mempunyai volume paling tinggi adalah spesimen pada suhu 260°C.

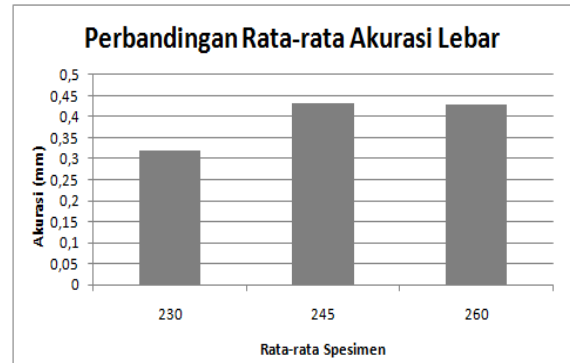
Dengan data diatas maka volume paling bagus pada produk adalah pada suhu *nozzle* 230°C dan 245°C. Karena pada suhu 230°C dan 245°C dapat menghasilkan spesimen dengan volume yang tidak jauh dari volume yang ada pada gambar (sebelum pencetakan).

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Penyimpangan Panjang Pada Spesimen Printer 3D

Suhu (°C)	Spesimen	Panjang spesimen (mm)	Panjang gambar (mm)	Penyimpangan (mm)
230	1	127,06	127	0,06
	2	126,58	127	- 0,42
	3	126,88	127	- 0,12
	4	126,96	127	- 0,04
	5	126,81	127	- 0,19
Rata-rata				- 0,14
245	1	127	127	0
	2	126,92	127	- 0,08
	3	126,98	127	- 0,02
	4	127,01	127	0,01
	5	126,94	127	- 0,06
Rata-rata				- 0,03
260	1	126,93	127	- 0,07
	2	126,94	127	- 0,06
	3	126,98	127	- 0,02
	4	126,86	127	- 0,14
	5	126,95	127	- 0,05
Rata-rata				- 0,07



Gambar 14. Histogram Perbandingan Rata-rata Penyimpangan Panjang



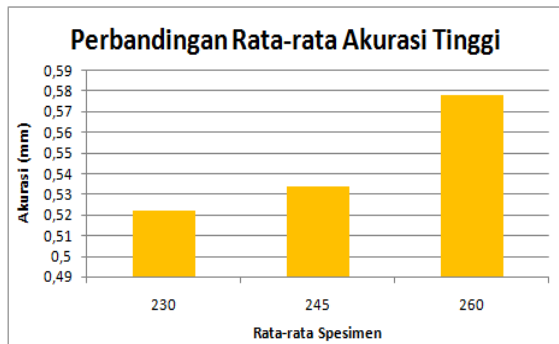
Gambar 15. Histogram Perbandingan Rata-rata Penyimpangan Lebar

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Penyimpangan Lebar Pada Spesimen Printer 3D

Suhu (°C)	Spesimen	Lebar Spesimen (mm)	Lebar Gambar (mm)	Penyimpangan (mm)
230	1	13,04	12,7	0,34
	2	13,02	12,7	0,32
	3	13,06	12,7	0,36
	4	13,04	12,7	0,34
	5	12,94	12,7	0,24
Rata-rata				0,32
245	1	12,96	12,7	0,26
	2	13,10	12,7	0,40
	3	13,25	12,7	0,55
	4	13,08	12,7	0,38
	5	13,27	12,7	0,57
Rata-rata				0,43
260	1	13,10	12,7	0,40
	2	13,02	12,7	0,32
	3	13,17	12,7	0,47
	4	13,14	12,7	0,44
	5	13,21	12,7	0,51
Rata-rata				0,43

Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Penyimpangan Tinggi Pada Spesimen Printer 3D

Suhu (°C)	Spesimen	Tinggi Spesimen (mm)	Tinggi Gambar (mm)	Penyimpangan (mm)
230	1	3,79	3,2	0,59
	2	3,80	3,2	0,60
	3	3,73	3,2	0,53
	4	3,57	3,2	0,37
	5	3,72	3,2	0,52
Rata-rata				0,52
245	1	3,83	3,2	0,63
	2	3,75	3,2	0,55
	3	3,72	3,2	0,52
	4	3,64	3,2	0,44
	5	3,73	3,2	0,53
Rata-rata				0,53
260	1	3,82	3,2	0,62
	2	3,77	3,2	0,57
	3	3,80	3,2	0,60
	4	3,79	3,2	0,59
	5	3,71	3,2	0,51
Rata-rata				0,58



Gambar 16. Histogram Perbandingan Rata-rata Penyimpangan Tinggi

Perhitungan penyimpangan ini bertujuan untuk mengetahui Penyimpangan pada setiap spesimen pada produk printer 3D. Prinsip dari perhitungan ini yaitu untuk mengetahui nilai Penyimpangan pada produk printer 3D karena sesuatu benda polimer yang dilebur atau dilelehkan maka setelah dingin akan mengalami penyusutan atau penambahan pada benda tersebut.

Hasil perhitungan Penyimpangan, perbedaan Penyimpangan antar tiap-tiap spesimen yang disebabkan beberapa hal. Antara lain disebabkan kecepatan *nozzle* dan suhu yang diberikan karena jika *nozzle* diberikan kecepatan dan suhu yang berlebihan maka penyimpangan yang dihasilkan pada produk printer 3D jelek dikarenakan ukuran selisih permukaannya besar.

Dari data yang diperoleh, setelah dihitung dengan menyelisihkan antara ukuran pada gambar yang ada pada komputer dengan ukuran pada spesimen.

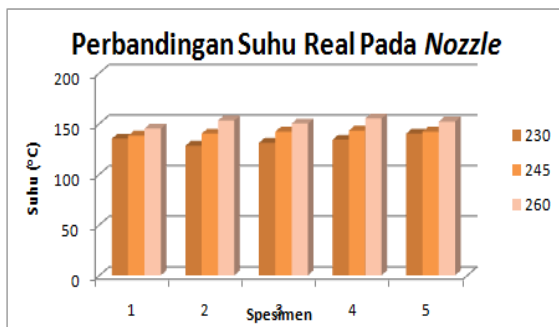
Maka hasil yang diperoleh yaitu pada Penyimpangan panjang mempunyai nilai rata-rata yang mayoritas negatif karena pada dimensi panjang mempunyai ukuran spesimen yang lebih kecil daripada ukuran pada

gambar dan yang memiliki nilai rata-rata penyimpangan terbaik pada penyimpangan panjang yaitu pada suhu 245°C karena selisihnya lebih sedikit daripada suhu 230°C dan 260°C. Kemudian pada nilai penyimpangan lebar yang mempunyai nilai rata-rata yang mayoritas positif karena pada dimensi lebar mempunyai ukuran spesimen lebih besar daripada ukuran pada gambar dan yang memiliki nilai rata-rata penyimpangan terbaik pada penyimpangan lebar yaitu pada suhu 230°C karena selisihnya lebih sedikit daripada suhu 245°C dan 260°C. Dan kemudian pada nilai penyimpangan tinggi yang mempunyai nilai rata-rata yang mayoritas positif karena pada dimensi lebar mempunyai ukuran spesimen lebih besar daripada ukuran pada gambar dan yang memiliki nilai rata-rata penyimpangan terbaik pada penyimpangan tinggi yaitu pada suhu 230°C karena selisihnya lebih sedikit daripada suhu 245°C dan 260°C.

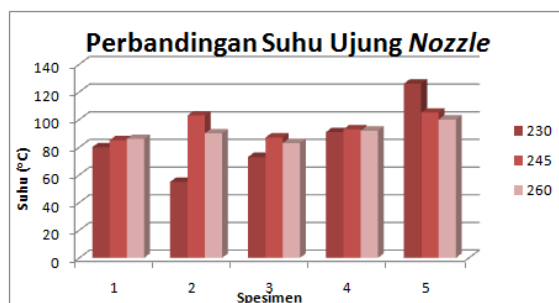
Dengan data diatas maka rata-rata pada setiap spesimen jika mendapatkan nilai negatif berarti pada spesimen tersebut mengalami pengurangan atau bisa jadi ukuran pada spesimen tersebut lebih kecil dari ukuran pada gambar dan sebaliknya jika ukuran spesimen mendapatkan nilai positif berarti pada spesimen tersebut mengalami pertambahan atau bisa jadi ukuran pada spesimen lebih besar dari ukuran pada gambar. Dan setiap yang memiliki nilai penyimpangan yang kecil itu berarti mempunyai nilai penyimpangan yang baik karena semakin kecilnya nilai penyimpangan berarti semakin bagus spesimen yang dicetak.

Tabel 6. Hasil Pengukuran Suhu Pada Nozzle

Suhu °C	Spesimen	Suhu Real Nozzle °C	Suhu Ujung Nozzle °C
230	1	135	80
	2	128	55
	3	131	73
	4	134	91
	5	140	126
245	1	138	85
	2	140	103
	3	142	87
	4	143	93
	5	142	105
260	1	145	86
	2	153	90
	3	150	83
	4	155	92
	5	152	100



Gambar 17. Histogram Perbandingan Suhu Real Pada Nozzle



Gambar 18. Histogram Perbandingan Suhu Ujung Nozzle

Pengukuran Suhu pada *nozzle* ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui suhu real pada *nozzle* atau untuk membuktikan bahwa suhu yang ada pada *nozzle* akan sama atau tidak dengan data yang sudah dimasukkan didalam komputer.

Hasil pengukuran suhu pada *nozzle*, perbedaan antara tiap-tiap percobaan yang disebabkan beberapa hal. Antara lain disebabkan karena pengukuran *nozzle* dilakukan diluar bodi *nozzle* jadi akan kurang maksimal dalam pengukurannya.

Dari data yang diperoleh, setelah diukur dengan menggunakan thermometer infrared maka hasil yang diperoleh dapat kita lihat bahwa tiap percobaan suhu yang dihasilkan berbeda-beda walaupun semakin tingginya suhu yang berikan akan semakin tinggi juga suhu yang dihasilkan tetapi pada tiap-tiap percobaan akan berbeda-beda dan suhu yang dihasilkan tidak sesuai dengan yang diinginkan seperti pada suhu 230°C menghasilkan suhu paling tingginya cuma 140°C kemudian pada suhu 245°C cuma menghasilkan paling tingginya 143°C saja dan pada suhu 260°C dapat menghasilkan suhu paling tingginya cuma 155°C. Seharusnya suhu pada *nozzle* akan sama dengan suhu yang sudah diberikan pada komputer.

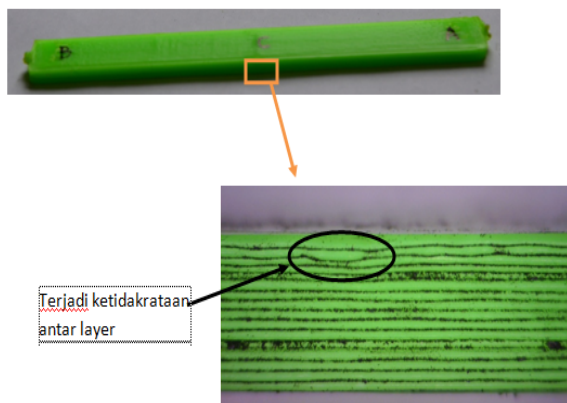
Coba kita lihat grafik pada suhu ujung *nozzle* (gambar 4.13) dengan data yang diperoleh bahwa suhu yang dihasilkan lebih rendah dari suhu *nozzle* dan suhu yang dihasilkan cenderung naik turun tidak beraturan, terkadang naik tinggi terkadang turun terlalu rendah seperti pada suhu 230°C percobaan pertama mencapai suhu 80°C dan pada percobaan kedua dapat menghasilkan suhu lebih rendah yaitu 55°C kemudian pada percobaan ketiga suhu yang dihasilkan naik lagi yaitu 73°C kemudian hal tersebut terjadi juga pada suhu 245°C, pada suhu ini sebaliknya dari percobaan pertama menghasilkan 85°C kemudian pada percobaan kedua suhu yang dihasilkan

naik yaitu 103°C dan kemudian pada percobaan ketiga suhu yang dihasilkan turun lagi yaitu mencapai 87°C.

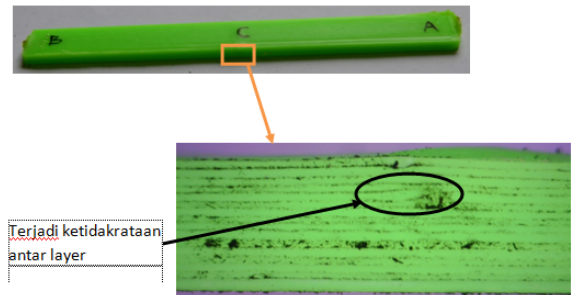
Dengan data diatas maka dapat dianalisa bahwa proses mencairnya spesimen pada printer 3D dengan menggunakan *nozzle* sama dengan proses FDM (*Fused Deposition Modeling*) yaitu dengan menggilingkan spesimen agar mendapatkan suhu yang maksimal agar spesimen dapat mencair atau meleleh (gambar 2.2), dan dalam pengukuran suhu *nozzle* untuk mencapai suhu yang diberikan sebelumnya seperti 230°C, 245°C dan 260°C maka tempat yang harus diukur yaitu berada dibagian penggilingnya karena pada saat filament digiling maka suhu akan mencapai maksimal untuk mencairkan filament. Dan penyebab pada suhu ujung *nozzle* itu tidak terlalu panas dari proses sebelumnya karena pada dasarnya filament ABS setelah meleleh atau mencair akan cepat mengeras kembali maka dari itu suhu suhu ujung *nozzle* cenderung lebih kecil dari *nozzle*.

Pengamatan Foto Makro

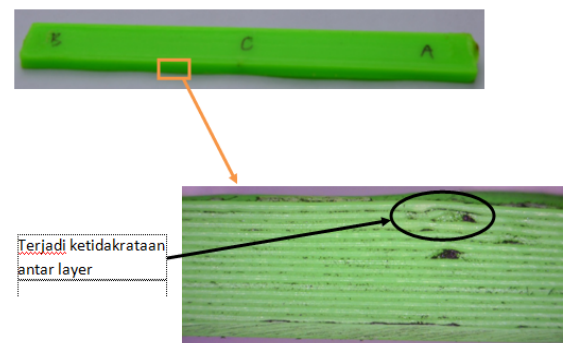
Pengamatan Foto makro dilakukan pada bentuk pola lapisan demi lapisan, berikut ini adalah data gambar-gambar foto pola makro, seperti ditunjukan pada gambar :



Gambar 19. Foto Makro Suhu *Nozzle* 230°C Pembesar 50X



Gambar 20. Foto Makro Suhu *Nozzle* 245°C Pembesar 50X



Gambar 21. Foto Makro Suhu *Nozzle* 260°C Pembesar 50X

Dari hasil foto makro dapat disimpulkan bahwa filament yang dipanaskan lalu dibentuk menjadi spesimen itu tidak semua lapisannya akan menjadi rata terkadang satu atau lebih lapisan ada yang tidak merata seperti pada gambar 4.14, 4.15, 4.16 . Hal itu disebabkan karena suhu yang diberikan terlalu panas terkadang bisa juga karena gerakan *nozzle* terlalu cepat atau bisa juga jarak antara *nozzle* dan *bottom platenya* terlalu dekat, Jika suhu *nozzle* terlalu panas maka filament akan terlalu mencair dan pada saat filament terlalu mencair maka pada saat mencetak spesimen akan tidak rata karena akan menyebar kesegala arah. Jika pergerakan *nozzle* terlalu cepat maka pada saat proses pencetakan akan terlihat terburu-buru dalam mencetak dan hasilnya tidak sempurna. Jika jarak antara *nozzle* dan

bottom plate terlalu dekat maka pada saat filament dicetak maka seakan-akan filament tersebut akan tertekan dan nanti hasilnya tidak sempurna.

Tahapan pola pada spesimen banyak menghasilkan lapisan yang tidak merata atau hasilnya tidak sempurna baik spesimen dengan suhu nozzle 230°C, 245°C maupun 260°C.

2. Pada saat mengukur suhu pada nozzle harus konsentrasi penuh soalnya kalau lalai sedikitpun maka hasilnya tidak akurat.
3. Pastikan dalam pembuatan spesimen dan pengukuran dimensi harus sesuai dengan prosedurnya.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisa pengujian serta pembahsan data yang diperoleh, dapat disimpulkan :

1. Pengaruh suhu *heater nozzle* pada printer 3D terhadap produknya.

jadi dapat disimpulkan bahwa volume yang bagus untuk mencetak adalah suhu 230°C karena memiliki nilai rata-rata volumenya 5392,5 mm³ dan mempunyai nilai rata-rata akurasi panjangnya -0,14mm, nilai rata-rata akurasi lebarnya 0,32mm dan nilai rata-rata akurasi tingginya 0,52mm. Maka dari itu suhu 230°C dapat dinyatakan suhu yang *recommended* untuk mencetak karena hasilnya baik volume dan akurasi mendekati pada ukuran sebenarnya.

2. Pola antar lapisan

Suatu pola antar lapisan yang bagus itu tergantung pada dua hal yaitu suhu yang optimal 230°C dan kecepatan pada *nozzle* 30 mm/s.

SARAN

Dari hasil proses percetakan ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya :

1. Pada proses percetakan suhu *nozzle* di usahakan yang terbaik yaitu suhu 230°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of standar*, D 955-00, “*Standard Test Method of Measuring Shrinkage from Mold Dimensions of Thermoplastics¹*”, ASTM 2002.
- Annual Book of standar*, D 5947-01, “*Standard Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens¹*”, ASTM 2002
- Cajal, J., J, Santolaria., S, Velazquez., J, Aguado., and Albajez., 2013, “*Volumetric error compensation technique for 3D printers*”, Elsevier : volume 63, Hal 642 – 649.
- [Http://www.bilbyCNC.com.au/Nozzle](http://www.bilbyCNC.com.au/Nozzle). Diakses januari 2015.
- [Http://www.mesinteknik437.blogspot.com/2010/11/termoplastik-dan-termoset](http://www.mesinteknik437.blogspot.com/2010/11/termoplastik-dan-termoset). diakses 29 april 2015
- Kamrani, Ali K dan Nasr, Emad A., 2006, “*Rapid Prototyping : Theory and practice*”, Industrial Engineering Department of Houston, USA
- Stephen, B., Azimi P., E.O. Zeineb., and Ramos T., 2013, “*Ultrafine Particle Emissions from Desktop 3D Printers*”, Elsevier : volume 79, hal 334—339.
- Yuan, L., 2008., “*A Preliminary Research on Development of A Fiber-Composite, Curved FDM system*”, National University of Singapore.